

## Modelo de pronósticos y estandarización para la producción agrícola, caso de estudio aguacate Hass para la Sierra de Zongolic



*Forecasting and standardization model for agricultural production, avocado case study for the Sierra de Zongolica*

Dimas-García, C. H.; Castillo-Martínez, S. I.; Uribe-Cuauhtzihua, F.; Castro-Flores, N. R.

 C. H. Dimas-García

c\_dimas@zongolica.tecnm.mx

Tecnologico Nacional de Mexico, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, México

 S. I. Castillo-Martínez

susana\_castillo@zongolica.tecnm.mx

Tecnologico Nacional de Mexico, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, México

 F. Uribe-Cuauhtzihua

fernando\_uribe@zongolica.tecnm.mx

Tecnologico Nacional de Mexico, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, México

 N. R. Castro-Flores

176W0292@zongolica.tecnm.mx

Tecnologico Nacional de Mexico, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, México

### Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua

ISSN-e: 2410-7980

Periodicidad: Semestral

vol. 9, núm. 17, 2023

czuniga@ct.unanleon.edu.ni

Recepción: 03 Febrero 2023

Aprobación: 19 Junio 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3943882006/>

DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v9i17.16287>

Autor de correspondencia: c\_dimas@zongolica.tecnm.mx

Copyright (c) 2023 Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NonComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

**Resumen:** El aguacate es considerado nativo de México y Perú, además, es cultivado en las regiones de todo el mundo. México es líder en producción y exportación a nivel mundial, ya que aporta el 32% del valor total de exportaciones, lo que en 2021 generó ingresos ~ 2,746 millones dólares. Michoacán es el principal estado productor en México con un volumen de producción del 74.76%, seguido de Jalisco con 10.48%, posicionando a estos dos estados como los primordiales para esta actividad productiva (85.24%). Veracruz por su variedad climática tiene potencial para el cultivo de aguacate, sin embargo, no es representativo para el país en cuanto al nivel de producción (aporta el 0.29%), por lo que realizar pronósticos para la producción a través de un modelo de regresión lineal simple para cinco años es primordial para verificar su crecimiento y potencial. En este trabajo se aborda la estandarización de procesos para el aseguramiento de la producción de aguacate orgánico para la Sierra de Zongolica en un caso de estudio y se desarrolla un modelo para pronosticar la producción del fruto dentro de los primeros cinco años a partir de la primera cosecha con base en el conocimiento empírico del productor. Los resultados demuestran una correlación positiva fuerte entre las variables años y producción, lo que evidencia un posible incremento en la producción de aguacate en Veracruz. Se destacan las aportaciones de conocimiento tácito de los productores principalmente en situaciones en las que se carece de información bajo condiciones y contextos escasamente explorados.

**Palabras clave:** Estandarización de procesos, Regresión lineal, Pronósticos, Aguacate Hass, Zongolica Veracruz.

**Abstract:** The avocado is considered native to Mexico and Peru, but it is also cultivated in tropical and subtropical regions around the world. Mexico is the world leader in avocado production and exports, since it contributes 32% of the total value of exports, which in 2021 will present revenues of ~2,746 million dollars. Michoacan is the main producing state in Mexico with a production volume of 74.76%, followed by Jalisco with 10.48%, positioning these two states as the main ones for this productive activity (85.24%). The state of Veracruz, due to its climatic variety, has potential for avocado cultivation, however, it is not

representative for the country in terms of production level (it contributes 0.29%), so it makes forecasts for production through a simple linear regression model for five years is essential to verify its growth and potential. This work also deals with the standardization of essential processes for the assurance of organic avocado production for the Sierra de Zongolica in a case study and a predictive model is developed to forecast the production of the fruit within the first five years from of the first harvest based on the empirical knowledge of the producer. The results showed a strong positive correlation between the variables years and production, which shows a possible increase in the production of organic avocado in the state of Veracruz. The contributions of tacit knowledge of the producers are highlighted, mainly in situations in which information is lacking under conditions and contexts that are scarcely explored.

**Keywords:** Process standardization, Linear regression, Forecasts, Hass avocado, Zongolica Veracruz.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Dubrovina & Bautista (2014) el aguacate es uno de los principales cultivos comerciales en México tanto para consumo interno como para exportación. México ocupa el primer lugar en el mundo entre los productores de aguacate, ya que produce ~ 2 millones de toneladas (SIAP, 2021), y aporta el 32% del valor total de las exportaciones mundiales. En la última década las importaciones mundiales han aumentado 171.97%, por lo que las exportaciones mexicanas se han incrementado (SAGARPA, 2017).

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2020) dio a conocer que las cosechas de micro y pequeños productores exportan a Estados Unidos en un 64%, con un total de 27,712 huertos menores a 10 hectáreas. El 41% lo ocupan productores con hectáreas menores a 5 con un total de 17,753 huertos y el 23% son productores con hectáreas entre 5.1 y 10, siendo 9,959 huertos.

Derivado de la importancia comercial de este cultivo en el mercado nacional e internacional, el manejo integrado constituye una de las tareas básicas, en donde, el control de plagas y enfermedades debe realizarse con prontitud y eficacia (Tapia *et al.*, 2020). El aguacate Hass ha incrementado su popularidad en los últimos años con un consumo per cápita para el 2020 entre los 0.83 y 0.85 kg con un incremento en la industria del guacamole y del aceite (Sánchez, 2021). “El oro verde”, eso significa el aguacate para México, un oro verde que ha ingresado al país 2,746 millones de dólares, posicionándolo como el principal productor en el mundo. El 97.12 % de su producción es exportada a ocho países: Estados Unidos, Canadá, Japón, España, Honduras, Países Bajos, El Salvador y Francia (Forbes Staff, 2022).

El aguacate es utilizado en distintas formas debido a su gran contenido de vitaminas, minerales y proteínas, tanto en comidas como cosméticos y farmacéuticos (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2017). Por su parte, Vivero *et al.* (2019) mencionan que se caracteriza por su alto contenido en lípidos, en los que más destaca el ácido oleico. Existen diversos tipos de aguacate y entre las diferentes variedades que más se cultivan en México son Hass, Fuerte y Criollo (SNICS-FSSC-CICTAMEX, 2017; SENASICA, 2017); según el CNA (2019) (como se citó en Cruz *et al.*, 2020) la variedad Hass tuvo un consumo anual per cápita de 7.2 kg durante el año 2018.

---

## NOTAS DE AUTOR

c\_dimas@zongolica.tecnm.mx

De acuerdo al cultivo de aguacate se han realizado diversos estudios. Vásquez (2021) determinó la factibilidad para la producción y comercialización de aguacate (*Persea americana*) en el cantón Atahualpa, provincia de El Oro, para implementar estrategias de publicidad. Nataren *et al.* (2020), caracterizaron productivamente el aguacate en la zona de Alta Montaña de Veracruz, México, llegando a la conclusión que el cultivo depende del control fitosanitario que se tenga en el proceso de producción. Meléndez (2019) en Trujillo, Perú, evaluó la viabilidad económica y financiera, para la producción y exportación de aguacate Hass fresco a China que lo consideró como un posible mercado, y concluyó que es económica y financieramente viable, también propone una capacidad técnica para incrementar rendimientos. Peña *et al.* (2015) determinaron la viabilidad comercial, técnica y económica para la producción, tomando en cuenta dos escenarios (optimista y pesimista). Los resultados obtenidos en ambos escenarios concluyen que el proyecto era rentable y debía seguir en marcha.

Por lo tanto, del presente estudio nace como objetivo implementar pronósticos para la producción de aguacate orgánico a través del modelo de regresión lineal simple durante los próximos cinco años después de la primera cosecha, buscando indirectamente también, prevenir los costos ambientales y sociales asociados significativos con la producción de aguacate y que la mayoría de las veces los productores no pueden distinguir por la complejidad de las cadenas de suministro (Cho *et al.*, 2021).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en el municipio de Atlahuilco en la localidad de Xibtla que pertenece a la sierra de Zongolica, Veracruz, en donde se encuentra ubicado el cultivo de aguacate. El tipo de investigación es descriptivo, por lo cual se muestran con precisión las dimensiones de las variables del estudio. Según Hernández *et al.* (2014), este tipo de investigación específica las propiedades y características del fenómeno estudiado y describe las tendencias de una población. Su enfoque mixto se debe a que se obtuvo información a través de datos numéricos y se realizó una investigación teórica de las variables. Este enfoque incluye, en un estudio mismo la recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos (Hernández *et al.*, 2014). Se utilizaron fuentes de información primarias (datos que se obtuvieron a través de entrevistas y cuestionarios aplicados al dueño de la empresa) y secundarias (información que se obtuvo de libros, artículos de revistas, sitios web, tesis, entre otros) (Miranda Soberón & Acosta E., 2008). Los resultados se obtuvieron por datos cuantitativos y cualitativos que se recabaron en un tiempo similar, para que al final se pudieran realizar interpretaciones y discusiones de estos mismos, confirmando los datos cuantitativos a través de datos cualitativos, de esta manera el diseño fue de triángulo concurrente (DITRIAC) (Hernández *et al.*, 2014). Algunos de los datos cuantitativos se refieren a la cantidad de aguacate (kg) que se produce por árbol, así como el incremento posible en la producción cada año. En el estudio no se requirió de una selección de muestra, la razón fue porque los resultados partieron de una simulación. Se diseñó y aplicó un cuestionario (en donde se indagó con el productor sobre fecha de la primera cosecha, mantenimiento del cultivo, producción esperada, incremento de producción anual, entre otros aspectos), el cual se utilizó para obtener información acerca del proceso de producción del aguacate. Posteriormente se realizó una entrevista, usando como guía la encuesta anterior, con la finalidad de detallar la documentación

### Procedimiento

- Para la estandarización de procesos

La estandarización es la encargada de la productividad, calidad y trabajo en serie, para ISO es requisito y prerrequisito para salir del subdesarrollo (Herrero, 2017). El trabajo considera dos procesos principales como estrategia de aseguramiento de la cosecha programada, el primero: *control de plagas y abonado* en donde el mantenimiento y limpieza de las plantas son parte esencial para la aplicación de fertilizantes naturales (que reduce la probabilidad de enfrentarse a distintas plagas) y abono orgánico (que aporta nutrientes a las plantas),

el segundo proceso: *poda de las plantas*, este considera la primera poda hasta un crecimiento del árbol de 5cm y la eliminación de hojas que impiden la penetración de luz solar.

· Para la obtención de datos a simular

Se tuvo como referencia un total de 200 plantas orgánicas sembradas en la superficie disponible y con base en la experiencia del productor se establecieron los parámetros para una distribución de probabilidad utilizando la función para la transformada inversa de la distribución triangular mostrada en la ecuación 1, para que a través de intervalos de confianza se calcularan los valores de tendencia central y de dispersión con base en las ecuaciones 2 y 3, respectivamente.

$$X = \left\{ \begin{array}{l} a + \frac{(b-a)(c-a)A}{b-a} \text{ para } 0 \leq A < \frac{a-b}{b-a} \\ b - \sqrt{((1-A)(b-a)(c-a))} \text{ para } \frac{a-b}{b-a} < A \leq 1 \end{array} \right\} \quad [\text{ec } 1]$$

Donde A es un número aleatorio entre 0 y 1.

$$\left( \hat{X}, - , Z_{\alpha/2}, \frac{\alpha}{\sqrt{n}}, < , \mu, < , \hat{X}, + , Z_{\alpha/2}, \frac{\alpha}{\sqrt{n}} \right) = 1 - \alpha \quad [\text{ec } 2]$$

$$\left( \frac{(n-1)S^2}{X^2_{\frac{\alpha}{2}, n-1}}, < , \sigma^2, < , \frac{(n-1)S^2}{X^2_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}} \right) = 1 - \alpha \quad [\text{Ec } 3]$$

· Para los pronósticos

El modelo utilizado para la obtención de pronósticos fue un análisis de regresión lineal simple tomando en cuenta una proyección de 5 años después de la primera cosecha. De acuerdo a IBM (2015), el análisis de regresión lineal se encarga de predecir el valor de una variable en relación con el valor de otra variable. Una es llamada dependiente, que es a la que se le predice un valor, y la otra llamada independiente que es por la cual se predice el valor de la variable dependiente, aquellas variables utilizadas para este estudio fueron año (x) y producción (sustituidas por datos simulados que incrementas año con año de acuerdo a los conocimientos empiricos del productor, para esto se presenta la ecuacion 4.

$$\hat{y} = a + bx \quad [\text{Ec } 4]$$

## RESULTADOS

Primeramente, se estandarizó el proceso de control de plagas y abonado del cultivo de aguacate. En la *figura 1* se presenta el diagrama correspondiente que incluye dos procesos distintos pero que van de la mano, esto se debe a que el mantenimiento se implementa de la misma manera tanto para la aplicación de fertilizantes como para el abono, y al aplicar alguno de los insumos anteriores se debe dejar pasar 20 días para poder aplicar el otro insumo. Se denota que en ambos casos primero se limpia la planta, pero sin quitar toda la hierba, ya que es necesario dejar una parte con ésta misma; cuando se encuentra sámago en la planta, se debe quitar agregándolo al rodel (60 centímetros de radio aproximadamente), este sirve para un efecto positivo del abono y fertilizante; posteriormente, se pasa a la limpieza del rodel, en donde se eliminan los residuos de hojas que pueda haber y se agregan a la planta (todo esto sirve como nutriente) y se prosigue a la aplicación del insumo;

ya sea el fertilizante llamado “caldo ceniza” o el abono orgánico; finalmente se procede a la protección de la planta, en caso de que haga frío se protege con regazo de milpa y si hace calor se aplica el riego semiautomático.

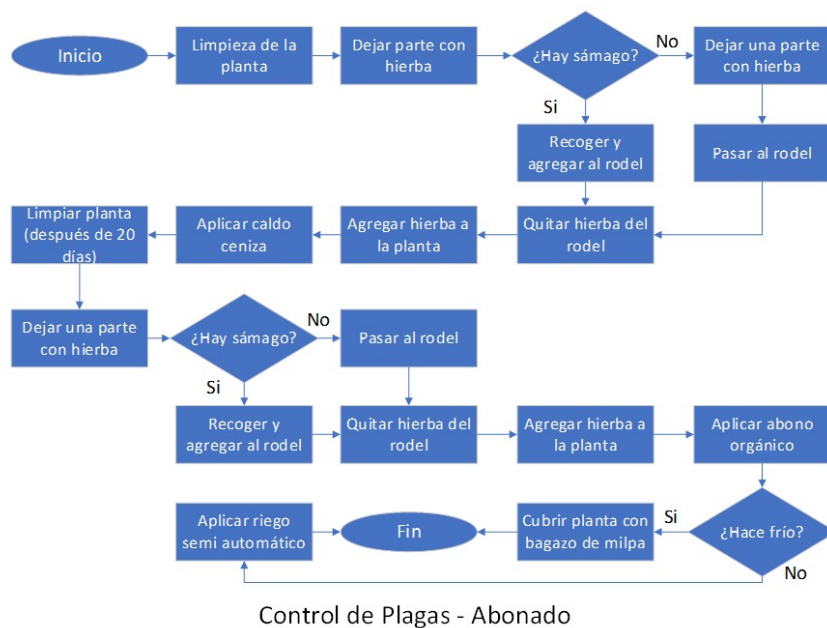


FIGURA 1  
Estandarización de proceso de control de plagas y abonado

Nota: Elaboración propia (2021).

Otro de los procesos importantes para el cuidado y aseguramiento de las plantas es la poda, es importante señalar que este proceso se ha de realizar una vez que cada plantación lo requiera, hasta el momento no se ha llevado a cabo debido a que las plantas aún son pequeñas. Una vez que el árbol consiga la altura adecuada se procederá a realizar la primera poda, este proceso consiste en darle forma a la copa del árbol, manteniéndolo en una altura máxima de cinco metros, al final se cortarán todas las hojas que puedan bloquear la luz solar, debido a que es necesaria la luz del sol para su buen crecimiento. En la figura 2 se puede apreciar el orden cronológico de cada una de las etapas de la estandarización de este proceso.

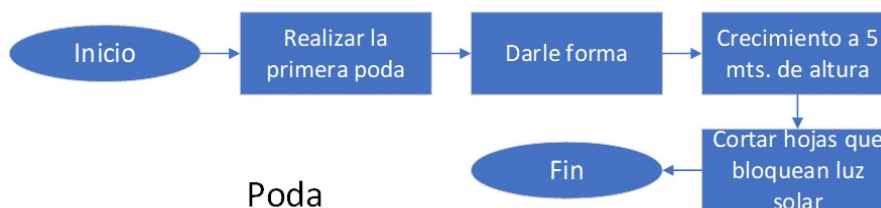


FIGURA 2  
Estandarización de proceso de poda de plantaciones

Nota: Elaboración propia (2021).

Aunado a lo anterior y derivado del caso en el que se carece de información experimental de aguacate orgánico para la sierra de Zongolica se obtuvieron los parámetros para una distribución triangular con base en la experiencia del productor obteniéndose las cuantificaciones para la misma (en kilogramos por planta) con un valor mínimo de 10, un máximo de 15 y un valor modal de 14 tal y como se muestra en la figura 3.



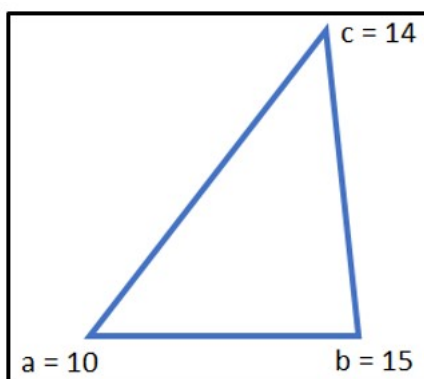


FIGURA 3  
Estandarización de proceso de poda de plantaciones

*Nota: Elaboración propia (2021).*

Para la obtención de los datos aleatorios se generó una tabla con la sustitución de la función para la transformada inversa de la distribución triangular sustituida en la ecuación 1 y que se muestran en la *Tabla 1*.

TABLA 1  
Valores generados con función inversa de distribución triangular

Tabla de valores generada con función inversa de distribución triangular									
14.40	12.52	13.09	12.86	13.42	13.52	13.31	13.62	13.7	11.76
10.65	12.71	13.27	13.94	12.15	14.05	13.83	14.00	13.95	12.22
11.01	12.70	13.24	13.99	13.59	12.01	13.68	11.79	13.94	13.84
12.50	10.99	13.36	13.01	12.65	13.74	12.95	13.58	13.99	13.52
12.58	13.10	13.53	12.61	13.81	13.10	11.67	12.59	11.70	13.52
12.86	13.47	13.13	10.91	13.82	13.37	12.38	13.95	14.08	11.57
10.60	12.32	13.28	12.13	13.96	13.47	13.84	12.95	13.01	12.51
12.64	13.61	14.19	14.20	13.09	12.14	13.96	13.63	12.46	12.82
12.72	11.80	10.97	13.65	13.99	13.63	13.65	11.11	11.96	11.93
12.98	12.70	12.38	13.21	13.70	12.20	10.73	13.36	12.90	13.27
13.62	12.60	13.32	11.53	13.96	13.70	12.51	13.07	14.26	12.66
12.73	11.95	12.64	12.02	12.02	13.41	13.71	14.52	13.30	12.69
13.98	12.73	13.30	13.59	12.47	13.34	10.11	12.13	13.99	11.41
13.20	11.35	13.87	13.77	12.78	13.14	11.95	13.21	12.93	11.61
11.44	13.18	13.42	13.29	12.10	13.99	14.65	12.42	13.94	13.52
13.49	12.72	13.39	13.73	14.68	10.45	13.27	13.21	13.66	10.85
13.19	13.27	13.05	12.33	12.43	12.93	14.74	13.99	13.71	12.71
13.89	13.66	13.16	13.14	13.76	11.97	13.63	13.18	12.67	12.67
12.43	12.82	13.80	13.08	13.99	13.79	13.98	12.55	13.60	14.47
12.90	10.77	12.63	13.67	12.40	13.21	13.98	13.28	13.68	11.98

*Nota: Elaboración propia (2021).*

*Nota:* De la *tabla 1* se obtuvieron los parámetros para los intervalos de confianza para la media y para la varianza (y/o para la desviación estándar) para crear estimadores aproximados de los valores verdaderos, según Molina (2013) con los intervalos de confianza se puede ubicar, como un aproximado, entre que rango de valores está el valor inaccesible de la variable. El nivel de confianza utilizado en este estudio fue del 90%. El desglose de la información se presenta en las tablas 2 y 3 respectivamente.

TABLA 2  
Parámetros para el cálculo de intervalos de confianza para la media

Parámetros para el cálculo de intervalo de confianza de la media						
Importar imagen	s	n	a	1-a	a/2	±Za/2
12.99	0.91	200	10%	90%	5%	1.64

Nota: Elaboración propia (2021).

TABLA 3  
Parámetros para el cálculo de intervalos de confianza para la varianza

Parámetros para el cálculo de intervalo de confianza de la varianza						
s <sup>2</sup>	n	a	1-a	a/2	X <sub>2a/2, n-1</sub>	X <sub>2(1-a)/2, n-1</sub>
0.83	200	10%	90%	5%	167.36	232.91

Nota: Elaboración propia (2021).

En la sustitución de la ecuación 2 muestra el valor verdadero de la media con un nivel de confianza del 90 %  

$$\% (12.99 - 1.640 \cdot \frac{0.91}{\sqrt{200}} < \mu < 12.99 + 1.640 \cdot \frac{0.91}{\sqrt{200}}) = 90 \%$$

dando un valor que oscilará ((12.88 < μ < 13.10) = 90 % )

de 12.88 a 13.10 kilogramos de aguacate por plantación. Por otra parte, en la sustitución de la ecuación 3 se obtuvo el valor verdadero para la varianza: ((199)0.  $\frac{8281}{232} \cdot 0.91 < \sigma^2 < (199)0. \frac{8281}{167} \cdot 0.36$ ) = 90 %

en donde se adquiere un valor para la varianza que fluctúa ((0.7075 < σ<sup>2</sup> < 0.9847) = 90 % )

de 0.7075 a 0.9847, no obstante, se continúa hasta la desviación estándar debido a que es un parámetro más simple para su interpretación, el cual tiende ((0.8411 < σ < 0.9923) = 90 % )

de 0.8411 a 0.9923 kilogramos por plantación. Por lo anterior, se asume que cada plantación tendrá en promedio una cosecha de 12.88 a 13.10 kg ( ±0.84-0.99kg) con un nivel de confianza del 90%. Para la determinación del modelo de regresión lineal simple se consideró una proyección de cinco años a partir de la primera cosecha tomando de referencia un factor incremental determinado de manera empírica por el productor para los siguientes cinco periodos. Es importante mencionar que por la carencia de información en cuanto a la producción de aguacate orgánico en la sierra de Zongolica sólo se toman los cinco años siguientes a partir de la primera cosecha, por lo que en ese momento será necesario comparar las proyecciones con los datos verdaderos de producción. Para la construcción del modelo se tomaron las variables: año (x, independiente) y producción y<sup>^</sup>, dependiente)

. El cálculo de cada uno de los elementos se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Proyecciones a partir de la primera cosecha de aguacate

TABLA 4  
Proyecciones a partir de la primera cosecha de aguacate

Año (x)	Producción (y)	xy	x <sup>2</sup>	Importar imagen	Importar imagen	Importar imagen	Importar imagen	Importar imagen
5	2598.02	12990.1	25	2.5	155015.2	6.25	24029709131	387538
6	7794.06	46764.36	36	1.5	149819.2	2.25	22445777707	224728.7
7	23382.18	163675.26	49	0.5	134231	0.25	18017969415	67115.52
8	70146.54	561172.32	64	0.5	87466.67	0.25	7650418361	43733.34
9	210439.62	1893956.58	81	1.5	52826.41	2.25	2790629593	79239.62
10	631318.86	6313188.6	100	2.5	473705.7	6.25	2.24397E+11	1184264
45	945679.28	8991747.22	355			17.5	2.99332E+11	1986619

*Nota: Elaboración propia (2021).*

En la tabla 5 se presentan los valores calculados para cada uno de los elementos necesarios para el modelo de regresión lineal.

*Tabla 5. Valores calculados para el modelo de regresión.*

TABLA 5  
Valores calculados para el modelo de regresión

n	Importar imagen	Importar imagen	b	a	r
6	7.5	157613.21	108523.01	-656309.36	0.8680

*Nota: Elaboración propia (2021).*

De acuerdo con la ecuación 4, el modelo de regresión lineal quedaría de la siguiente manera: , con un coeficiente de correlación del 86.80%, considerada una correlación fuerte positiva. A partir de lo anterior se calculan los pronósticos para los periodos 7 a 10, mismos que se muestran en la tabla 6.

*Tabla 6. Pronósticos para los periodos 7 a 10*

TABLA 6  
Pronósticos para los periodos 7 a 10

Año (x)	7	8	9	10
Producción	103,351.71	211,874.72	320,397.70	428,920.70
Importar				

*Nota: Elaboración propia (2021).*

En las figuras 4 y 5 se presenta el diagrama de dispersión correspondiente con el modelo de regresión en donde se aprecia el ajuste de los puntos graficados a la línea de tendencia con pendiente positiva. Además, en la figura 6 se aprecia el ajuste de los residuos a la recta, por lo que se comprueba el porcentaje de correlación (0.8680 = 86.80%) indicado previamente en la tabla 5.



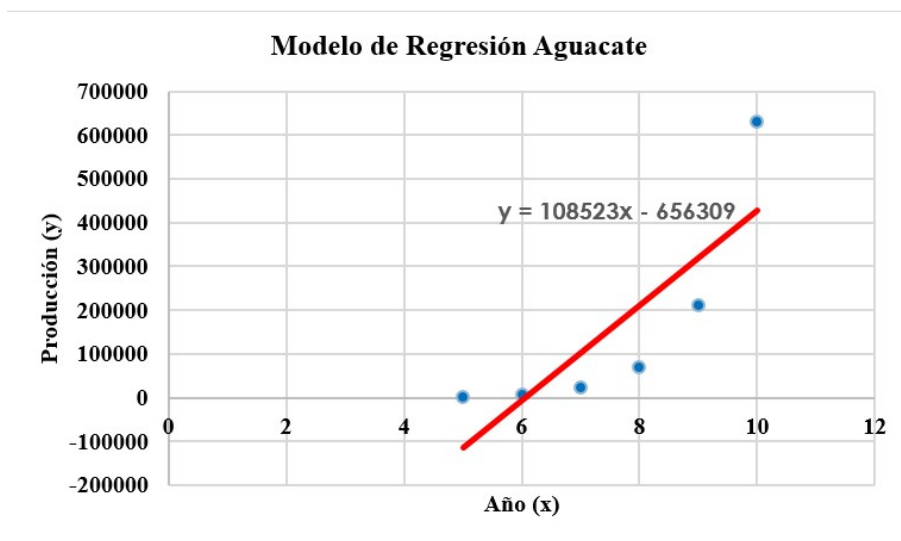


FIGURA 4  
Gráfica de dispersión del modelo de regresión

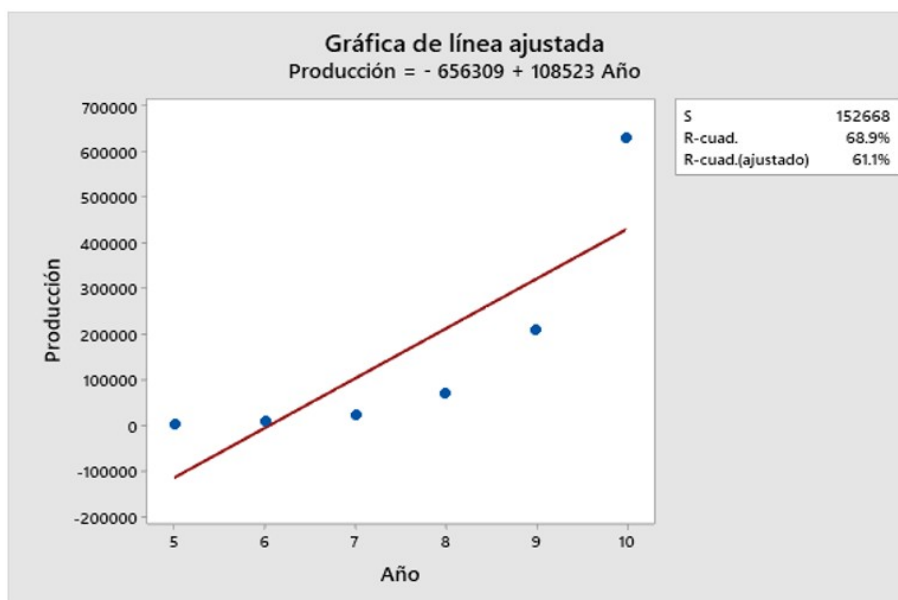


FIGURA 5  
Gráfica de línea ajustada del modelo de regresión

Nota: Elaboración propia (2021).

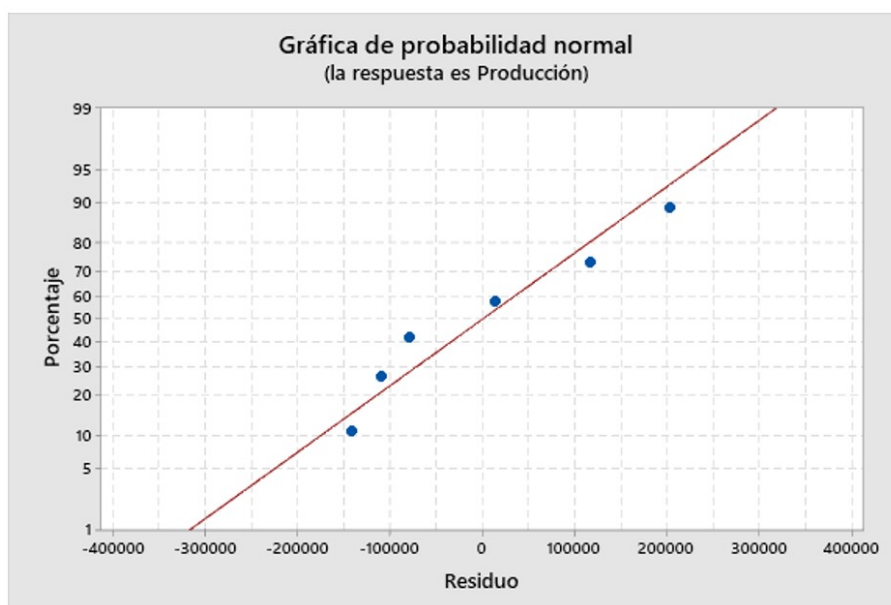


FIGURA 6  
Gráfica normal de residuos

*Nota: Elaboración propia (2021).*

Además, en la tabla 7 se presenta el análisis de varianza correspondiente para la validación del modelo, en donde, con un nivel de significancia del 5% se asume que el modelo es significativo considerando que  $F_{calculada} > F_{tablas}$  ( $8.84 > 7.71$ ) por lo que el modelo resulta ser significativo como medio predictor para pronósticos.

TABLA 7  
Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	MC	F calculada	F tablas
Regresión	1	2.06102E+11	2.06102E+11	8.84	7.71
Error	4	9.32298E+10	2.33074E+10		
Total	5	2.99332E+11			

*Nota: Elaboración propia (2021).*

## DISCUSIÓN

Tomando de referencia un enfoque de economía, los elementos relacionales como la expectativa de continuidad reducen los riesgos de transacción relacionados con la incertidumbre en actividades individuales de los entes involucrados, el intercambio de información y las expectativas del productor afectan positivamente el desempeño en las transacciones (Arana et al., 2010). Bajo esta premisa es muy importante para un productor tener controlados sus procesos y estimados los rendimientos de producción a futuro. Las condiciones climáticas y los rendimientos favorables han promovido el interés en que se cultiven nuevos huertos para mejorar la producción de aguacate, este crecimiento tiene un gran impacto en el medio ambiente debido al cambio de uso y tierra y al uso considerable de agua dulce, por lo que existe una necesidad de planeación óptima para la producción de este fruto teniendo en cuenta el uso sostenible de los recursos que se disponen (González et al., 2017). Así como el uso del suelo que, por trabajo excesivo, malas prácticas de

cultivos y entre otras, se ve perjudicado además del desarrollo de los organismos y de las plantas que en él se encuentran sembradas (Úbeda R., Delgado D., & Zaldivar-Cruz, 2018).

De acuerdo a Vázquez, Durán, Baca, & Zuniga (2014), con medias de adaptación que se relacionan con mejores prácticas agrícolas se podría incrementar los rendimientos y a su vez reducir las pérdidas potenciales del cambio climático (Trinidad *et al.*, 2017; Sanchez *et al.*, 2021).

Esta información puede ser utilizada de referencia para aquellos productores que están incursionando en la producción de aguacate orgánico bajo condiciones desconocidas y que necesitan tener un marco referencial de acuerdo con contextos similares, el modelo es sencillo, no obstante, es un referente de inicio para un caso de estudio en la Sierra de Zongolica. Los autores Eakin, Perales, Appendini, & Sweeney (2014), como se citó en Parra, Vargas, & Zuniga-Gonzalez (2017), señalan que los pequeños productores no alcanzan una ventaja competitiva que les permita competir con los productores de los países internacionales al no contar con la tecnología necesaria. Como trabajo futuro se propone la comparación de los estimados con los datos verdaderos de cosecha y evaluar otros modelos de pronósticos pertinentes según corresponda con las condiciones y comportamiento de las cosechas, además y de acuerdo con Rincón (2018) se puede profundizar haciendo uso de herramientas de inteligencia artificial para pronosticar ventas, precios y variedades para los mercados mediante la implementación de otras variables y con modelos más robustos.

En la parte de sustentabilidad se debe prever que el aumento en la demanda de producción de aguacate está causando problemas de estrés hídrico, por lo anterior debe cuidarse que la producción de aguacate se autorregule independientemente de las variedades que se estén produciendo pues se debe garantizar un acceso equitativo para las comunidades locales y evitar el incremento de las tensiones derivadas de las posibles desigualdades de acceso (Sommaruga, 2020). Para una perspectiva de un crecimiento mayor se debe tomar en cuenta la especialización y competitividad de esta actividad que a su vez se relacionan con las condiciones naturales, la demanda del mercado y el cambio tecnológico (Vargas *et al.*, 2020). La calidad del aguacate varía según el suelo, el clima, la altura y entre otros factores, no obstante también se debe al cuidado y mantenimiento de las plantas, así como el suministro de agua que se le proporcione, ya que es un cultivo que requiere de una gran cantidad de agua “el aguacate no capta tanta agua como el bosque; éste requiere mucho más líquido para su crecimiento que los árboles” (Perez, 2019) y un riego que sea manejado adecuadamente ayuda a la absorción de los nutrientes que requiere, aunque deben aplicarse en dosis balanceadas (Guerrero-Polanco *et al.*, 2018); “el beneficio de aplicar riego depende del conocimiento de la cantidad de agua que consume un cultivo y del momento oportuno para aplicarla, con el objetivo de no perjudicar su rendimiento” (Dorado *et al.*, 2015). El Palacio Legislativo De San Lázaro (2017), afirma que los cultivos de aguacate han traído un impacto ambiental negativo por el uso de insumos químicos que se utilizan causando erosiones y contaminación del suelo, disminución de la biodiversidad genética y desequilibrio en los ecosistemas.

Con base en el trabajo de Velázquez (2020) se destaca también la experiencia del productor aguacatero, pues este posee conocimiento tácito en el manejo de los cultivos desde la plantación hasta la producción del fruto, además de que por lo general no se dedica exclusivamente al cultivo de aguacate debido a que posee también experiencia en el manejo agronómico de otros cultivos. Otra de las cualidades de los productores es que no están muy tecnificados en el manejo de equipos, sin embargo, conoce e identifica muy bien los obstáculos de producción y su relación con los rendimientos.

Presentar los resultados obtenidos en la investigación y señalar similitudes o divergencias con aquellos reportados en otras investigaciones publicadas. En la discusión resaltar la relación causa-efecto derivada del análisis.

## CONCLUSIONES

El cultivo de aguacate demuestra la importancia que tiene a nivel internacional y México es considerado como el principal productor y exportador. El porcentaje de producción tiende a aumentar cada vez más, esto provoca una incertidumbre en las empresas dedicadas al cultivo de aguacate, debido a que su producción debe satisfacer la necesidad del mercado. Sin embargo, en el estado de Veracruz en 2019 posiblemente se atendieron 300 hectáreas de aguacate, esto de acuerdo a la disponibilidad presupuestal (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Veracruz, 2018). De acuerdo a datos de la SIAP (2020) en ese mismo año se produjo 305 toneladas de aguacate en Veracruz, y se encuentra en uno de los más bajos productores. De esta manera los pronósticos cumplieron con la finalidad de predecir la cantidad a producir en las primeras cinco cosechas, mismas que impactarán en la toma de decisiones futuras. La producción de aguacate orgánico para la Sierra de Zongolica es una de las alternativas de incursión en nuevos mercados por lo que algunos productores están optando por diversificar sus cultivos con la intención de obtener mayores beneficios. Una de las herramientas de mayor utilidad para pronósticos de oferta y demanda en los últimos tiempos es la regresión lineal con modelos simples y robustos que permiten predecir el comportamiento aproximado de productos con base en el comportamiento de una o más variables independientes. Para este estudio tuvo una gran relevancia el conocimiento empírico del productor pues al ser un caso de estudio y tener información limitada su experiencia hace la diferencia en la propuesta y comportamiento de variables. Este tipo de conocimiento como ya se mencionó se basa en la experiencia, además de responder a las demandas sociales y necesidades prácticas, así es como lo dice González S., (2011).

De acuerdo a algunos investigadores como Andrés Felipe Ríos Mesa, en el cultivo de aguacate se pueden ver resultados después de los 3 o 4 años (Pabón Montealegre, 2020). Según Cruz-López *et al.* (2022) en otros casos, si el árbol es injertado podría tardar hasta 5 años en producir aumentando con el tiempo, sin embargo, para México esto no ha sido barrera para convertirse en el principal exportador, ya que ha adoptado a este cultivo entre sus principales actividades agrícolas que le ofrece una gran cantidad de exportación año con año, Sánchez & Sánchez (2021) menciona que este éxito puede depender no solo de las relaciones comerciales, sino también del desarrollo del sector industrial, de empresas de servicios relacionadas y de soporte y las variedades que han llegado con mejores condiciones como el sabor y sus propiedades, en algunos casos hasta los nutrientes podrían ser hasta tres veces más altos cuando se tratan de alimentos orgánicos (Lopez, 2019).

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa ROSFEL. por las facilidades otorgadas para este estudio

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arana, J., Bijman, J., Omta, O. & Oude, A. (2010) Relationship characteristics and performance in fresh produce supply chains: the case of the Mexican avocado industry. *Chain and Network Science*, 10, 1-15, <https://doi.org/10.3920/JCNS2010.x101>
- Cho, K., Goldstein, B., Gounaridis, D.& Newell, J. (2021). Where does your guacamole come from? Detecting deforestation associated with the export of avocados from Mexico to the United States. *Environmental Management*, 278, 1-12, doi: <https://doi.10.1016/j.jenvman.2020.111482>.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Veracruz (2018). Programa de trabajo específico de la campaña contra plagas reglamentadas del aguacatero a operar con recursos del programa de sanidad e inocuidad agroalimentaria 2019, componente de campañas fitozoosanitarias, en el estado de Veracruz. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/561941/AGUACATERO.pdf>

- Cruz López, D. F., Caamal Cauich, I., Pat Fernández, V. G., Gómez Gómez, A. A., & Espinoza Torres, L. E. (2020). POSICIONAMIENTO INTERNACIONAL DEL AGUACATE (Persea americana) PRODUCIDO EN MÉXICO. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 47, p. 562. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14165939004>
- Cruz-Lopez, D., Caamal-Cauich, I., Pat-Fernandez, V., & Reza S., J. (2022). Competitividad de las exportaciones de aguacate Hass de México en el mercado mundial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 356.
- Dorado G., D., Grajales, L., Reyes, H., & Rebolledo, A. (2015). Uso eficiente del agua en la producción de aguacate Hass. *Suelos Ecuatoriales*, 31.
- Dubrovina, I. & Bautista, F. (2014). Analysis of the Suitability of Various Soil Groups and Types of Climate for Avocado Growing in the State of Michoacán, Mexico. *Agricultural Chemistry and Soil Fertility*, 47, 491-503, <https://doi.org/10.1134/S1064229314010037>
- Forbes Staff. (2022). El aguacate, un “oro verde” que inunda México con millones de dólares. *Forbes México*. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/eu-prueba-dolar-digital-maneja-17-millones-de-operaciones-por-segundo/>
- González, J., González, B., Nápoles, F., Ponce, J. & El-Halwagi, M. (2017). Optimal Planning for Sustainable Production of Avocado in Mexico, *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 1, 109-120, <https://doi.org/10.1007/s41660-017-0008-z>
- González S., E. (2011). Comocimiento empírico y conocimiento activo transformador: algunas de sus relaciones con la gestión del conocimiento. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 22(2), 112. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=377657488003>
- Guerrero-Polanco, F., Alejo-Santiago, G., Sánchez H., R., Bugarín-Montoya, R., Aburto-González, C., & Isiordia-Aquino, N. (2018). Respuesta del cultivo de aguacate (Persea americana Mill.) variedad Hass a la aplicación de nitrato de potasio. *Acta Agronómica*, 425-430. doi: <https://doi.org/10.15446/acag.v67n3.68858>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México: McGraw-Hill.
- Herrero Morales, G. (2017). La Estandarización: la Base de la Productividad Personal, Empresarial y de un País. Obtenido de PULSO PYME: <https://www.pulsopyme.com/la-estandarizacion-la-base-la-productividad-personal-empresarial->
- IBM. (15 de agosto de 2015). Regresión lineal. Obtenido de <https://www.ibm.com/mx/es/analytics/learn/linearregression#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20regresi%C3%B3n%20lineal,variable%20se%20denomina%20variable%20independiente.>
- Lopez Salazar, G. L. (2019). Factores que influyen en la compra de alimentos orgánicos en México. Un análisis mixto. 3(2), p.72. doi: <https://doi.org/10.26784/sbir.v3i2.210>
- Melendez, J. (2019). Propuesta de un plan de negocios para la producción y exportación de palta Hass (Persea americana 'Hass') cultivado en Ancash – 2018. Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12266>
- Miranda Soberón, U., & Acosta E., Z. (2008). FUENTES DE INFORMACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA. Facultad de Medicina de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.
- Molina Arias, M. (2013). El significado de los intervalos de confianza. *Pediatría Atención Primaria*, 15(57), 91. <http://dx.doi.org/10.4321/S1139-76322013000100016>
- Nataren, J., Angel, A., Megchún, J., Ramírez, E., & Meneses, I. (2020). Caracterización productiva del aguacate (Persea americana) en la zona de alta montaña Veracruz, México. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 6(12)1406–1423. doi: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v6i12.9941>
- Palacio Legislativo de San Lázaro. (2017). CASO DE EXPORTACIÓN: EL AGUACATE. México: CEDRSSA.
- Peña, L., Rebollar, S., Callejas, N., Hernández, J., & Gómez, G. (2015). ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE AGUACATE HASS. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 36. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14132408018>



- Pabón Montealegre, M. (2020). Aguacate Hass, para conquistar nuevos paladares. *Revista Universitas Científica*, 17(2) : 8-11.
- Parra V., M., Vargas H., J., & Zuniga-Gonzalez, C. (2017). El mercado del maíz en México: desde el enfoque de la economía industrias y los costos de transacción. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio*, 3(5),752–768. doi: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v3i5.5940>
- Pérez, I. (2019). Situación actual del aguacate. Obtenido de Ciencia UNAM: <https://ciencia.unam.mx/leer/927/situacion-actual-de-la-produccion-de-aguacate->
- Rincón, J., Lasso, E. & Corrales, J. (2018). Estimating Avocado Sales Using Machine Learning Algorithms and Weather Data. *Economics of Climate Smart Agriculture*,10, 1-12, <https://doi.org/10.3390/su10103498>
- Sánchez, V., Campos, R., & Loarca, G. (2021). Prediction of the Physicochemical and Nutraceutical Characteristics of ‘Hass’ Avocado Seeds by Correlating the Physicochemical Avocado Fruit Properties According to Their Ripening State. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76, 311-318, <https://doi.org/10.1007/s11130-021-00900-z>
- Sánchez V., A., & Sánchez R., G. (2021). El Cluster del Aguacate en México Un crecimiento sostenido a partir de la producción y desarrollo del mercado. *RIVAR*, 30.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. (2017). AGUACATE Mexicano. PLANEACIÓN AGRÍCOLA NACIONAL 2017-2030. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257067/Potencial-Aguacate.pdf>
- Secretaria de Agricultura Y Desarrollo Rural. (2020). Productores de pequeña escala, los principales exportadores de aguacate a Estados Unidos: Agricultura. México. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/productores-de-pequena-escala-los-principales-exportadores-de-aguacate-a-estados-unidos-agricultura>
- SIAP. (2020). Bolentín mensual de producción de Aguacate. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/documentos/bolentin-mensual-de-avances-de-la-produccion-de-aguacate-103935>
- SIAP. (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Acciones y programas: Cierre de la producción agrícola [WWW Document]. URL <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (accessed 04.29.22).
- Sommaruga, R. & Eldridge, H. (2020). Avocado Production: Water Footprint and Socio-economic Implications, *Agricultural Economics Society and European Association of Agricultural Economists (EuroChoices)*, 20(2), 48-53, DOI: 10.1111/1746-692X.12289.
- Tapia, A., Ramírez, J., Salgado, M., Castañeda, A., Maldonado, F. & Lara, A. (2020). Distribución espacial de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) en aguacate en el estado de México, México. *Revista Argentina de Microbiología*, 52, 72-81, <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.07.004>.
- Trinidad, E., Ascencio, F., Ulloa, J., Ramírez, J., Ragazzo, J., Calderón, M., & Bautista, P. (2017). Identificación y caracterización de *Colletotrichum* spp. Causante de antracnosis en aguacate Nayarit, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(spe19). doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.664>
- Úbeda R., J., Delgado D., Y., & Zaldivar-Cruz, J. (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(7),889–896. doi: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i7.6299>
- Vargas, J., Carbajal, G., Bustamante, T., Camacho, J., Fresnado, J. & Palacios, M. (2020). Impact of the Market on the Specialization and Competitiveness of Avocado Production in Mexico, *International Journal of Fruit Science*, 20, S1942, S1958, doi <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1837711>
- Vásquez, R. (2021). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de aguacate *Persea americana* en el cantón Atahualpa, provincia de El Oro. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54921>
- Vázquez M., R., Durán Z., O., Baca, M., & Zuniga G., C. (2014). Modelos de impacto en la agricultura teniendo en cuenta los escenarios de la agricultura del cambio climático. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 1(1), 1-50. doi: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i1.2140>
- Velazquez, J., Angel, A., Megachún, V., Ramirez, E. & Meneses, I. (2020). Caracterización productiva del aguacate (*Persea americana*) en la zona de alta montaña Veracruz, México, *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 12(6), 1406-1423, doi.org/10.5377/ribcc.v6i12.9941



Vivero S, Ariel, Valenzuela B, Rodrigo, Valenzuela B, Alfonso, & Morales, Gladys. (2019). Palta: compuestos bioactivos y sus potenciales beneficios en salud. *Revista chilena de nutrición*, 46(4), 491-498. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000400491>